Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No.1, 2024, p. 1-13

Measuring the Apparent Nutrient Digestibility of Wheat Straw and Wheat Straw Mixed with Rice Hull by using Three Methods of Acid-Insoluble Ash, Acid-Insoluble Lignin and Collecting Total Feces in Camels

Hadi Behzad[1], Taghi Ghoorchi[2], Mostafa Hosseinabadi[3*], Jafar Bashtini[4]

1- M.Sc. Graduated, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.
2- Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran.
4- Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources of Razavi Khorasan Province, Iran.
*Corresponding Author's Email: Mostafa_hosseinabadi@yahoo.com

Received: 14-02-2023
Revised: 27-04-2023
Accepted: 13-05-2023
Available Online: 13-05-2023

How to cite this article:
Behzad, H., Ghoorchi, T., Hosseinabadi, M., & Bashtini J. (2024). Measuring the apparent nutrient digestibility of wheat straw and wheat straw mixed with rice hull by using three methods of acid-insoluble ash, acid-insoluble lignin and collecting total feces in camels. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *16*(1), 1- 13. (in Persian with English abstract).
http:// doi.org/ 10.22067/ijasr.2023.81127.1129

Introduction: Various methods have been used to evaluate the digestibility coefficients of nutrients. The total fecal collection (TFC) method is a reliable approach for determining the digestibility of rations in live animals. In this method, animal are kept in a metabolic cage in to collect all the feces, making it the most accurate method for measuring feed digestibility. Total fecal collection (TCF) is one of the most accurate direct procedures to determine apparent digestibility. Despite its accuracy, TFC is labor-intensive and time-consuming when evaluating a wide range of feed samples and requiring a large number of animals. Moreover, animals should be confined in stalls, considering that being surrounded will be accepted by camels for a short period and training is necessary for camels fed with ration containing high amounts of energy. Other disadvantage of keeping the animal trapped includes the potential impact on animal metabolism. These problems led to separation from the animal's normal behavior. Accurate measurement of food intake and fecal collection is a tough work. Digestibility coefficients can be measured indirectly by markers. Various indigestible markers include polyethylene Various indigestible markers include polyethylene, chromium oxide (Cr2O3), acid detergent lignin (ADL) and acid-insoluble ash (AIA) have been used to determine the digestibility of nutrients in different parts of gastrointestinal tract. By the end of 19th century, lignin was considered as a potential internal marker for the estimation of digestibility. Because no specific enzymes exist for degradation of lignin in mammals or in anaerobic bacteria, different results have been re-ported by researchers when using ADL for the estimation of digestibility. Digestibility was reported to be underestimated when using AIA as a natural marker. However, it is difficult to apply this method to grazing animals. AIA is one of the most common internal indicators for determining apparent digestion coefficients. One of the advantages AIA compared to other markers is simplicity of analysis and it does not need special equipment. This study aims to evaluate the nutrient apparent digestibility of different diets in camels using AIA, ADL and TFC.

http:// doi.org/ 10.22067/ijasr.2023.81127.1129

Materials and Methods: The field phase of the research was conducted at Asrar Sabzevar Agricultural Research Station, and the laboratory phase was conducted at the Animal and Poultry Nutrition Laboratory of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Four male camels (age=1 year, BW= 116.3±9.35 kg) were used in a completely random design to measure the apparent digestibility of nutrients in wheat straw and wheat straw with rice hull using AIA, ADL, and TFC. The experimental period was 42 days (2 periods of 21 days) with 14 days of adaptation to experimental diets and 7 days of data collection. Camels had free access to water, and feeding was done once a day at 8 A.M.

Results and Discussion: The results showed no significant difference between TFC and AIA for measuring the digestibility of dry matter, organic matter, crude fat, crude protein, neutral detergent insoluble fibers, and acid detergent insoluble fibers in wheat straw and wheat straw with rice hull ($P>0.05$). However, digestibility was significantly higher in TFC than in ADL ($P<0.05$).

Conclusion: The recovery percentage of AIA marker was 92.8±92.38 in the diet of 75% wheat straw with 25% rice hull. Based on the study's results, AIA can be used as a suitable internal indicator to measure digestibility in camels if the recovery percentage is more than 90%. The amount of digestibility measured using AIA was close to the amount of digestibility measured using TFC.

Keywords: Acid insoluble ash, Acid insoluble lignin, Camel, Collecting total feces, Digestibility

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۱۳-۱

اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی کاه گندم و کاه گندم به‌همراه پوسته برنج با استفاده از سه روش خاکستر نامحلول در اسید، لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در شتر

هادی بهزاد[۱]، تقی قورچی[۲]، مصطفی حسین‌آبادی[۳*]، جعفر باشتینی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳

چکیده

این پژوهش به‌منظور اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی کاه گندم و کاه گندم به‌همراه پوسته برنج با استفاده از سه روش خاکستر نامحلول در اسید، لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در شتر انجام شد. تعداد ۴ نفر شتر نر با میانگین وزن ۹/۳۵±۱۱۶/۲۵ کیلوگرم و سن یک‌سال در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفت. مدت زمان انجام آزمایش ۴۲ روز (۲ دوره ۲۱ روزه) بود که شامل ۱۴روز مدت زمان عادت‌پذیری به جیره‌های آزمایشی و ۷ روز نمونه‌برداری بود. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) کاه گندم ۲) کاه گندم همراه با ۲۵ درصد پوسته برنج بود. نتایج این مطالعه نشان داد روش‌های جمع‌آوری کل مدفوع، خاکستر نامحلول در اسید جهت اندازه‌گیری قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کاه گندم به‌همراه پوسته برنج وجود تفاوت معنی‌داری نداشتند، امّا میزان قابلیت هضم در این دو روش به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش لیگنین نامحلول در اسید بود ($P<0/05$). میزان درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید در جیره ۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج ۹۲/۳۸±۹۲/۸ بود. به‌طور کلی بر اساس نتایج بدست آمده در این مطالعه به‌نظر می‌رسد چنانچه درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید بیش از ۹۰ درصد باشد، میزان قابلیت هضم خاکستر نامحلول در اسید با مقدار قابلیت هضم جمع‌آوری کل مدفوع نزدیک بوده، لذا روش خاکستر نامحلول در اسید می‌تواند به‌عنوان یک نشانگر داخلی مناسب برای محاسبه قابلیت هضم در شتر مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: جمع‌آوری کل مدفوع، خاکستر نامحلول در اسید، شتر، قابلیت هضم، لیگنین نامحلول در اسید

مقدمه

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری قابلیت هضم مواد مغذی وجود دارد. روش جمع‌آوری کل مدفوع (TFC[5]) روشی است که معمولاً برای تعیین قابلیت هضم جیره با استفاده از حیوان زنده به‌کار برده می‌شود. این روش قابل اعتمادترین روش اندازه‌گیری قابلیت هضم خوراک است. در این روش معمولاً حیوان داخل قفس متابولیکی به‌منظور جمع‌آوری کل مدفوع نگه‌داشته می‌شود (Ajmal Khan *et al*., 2003). هر چند، زمان و هزینه‌بر بودن، زحمت زیاد و استفاده از حیوانات خاص، کاربرد این روش را محدود می‌کند. این

5- Total Faecal Collection

۱- دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
۲- استاد گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
۳- استادیار گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
۴- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، ایران.
(*- نویسنده مسئول:
(Email: Mostafa_hosseinabadi@yahoo.com
http:// doi.org/ 10.22067/ijasr.2023.81127.1129

موضوع منجر به بررسی روش‌هایی بر اساس مارکرهای غیرقابل هضم داخلی و خارجی شده است. مارکرهای داخلی توانایی برآورد قابل اعتماد قابلیت هضم را دارند (McGeough *et al*., 2010). استفاده از خاکستر نامحلول در اسید به‌عنوان مارکر با روش‌های دیگر قابل مقایسه و نتایج استفاده از آن قابل قبول است (Bergero *et al*., 2004). خاکستر نامحلول در اسید (AIA[1])، اغلب به‌عنوان یک مارکر غیر قابل هضم برای تعیین انرژی متابولیسمی ظاهری در جوجه‌ها و قابلیت هضم در نشخوارکنندگان استفاده می‌شود (Marais, 2000). یک مزیت خاکستر نامحلول در اسید نسبت به دیگر مارکرها، سادگی آنالیز، بدون نیاز به تجهیزات خاص است (Sales, 2012). مزیت مارکر خاکستر نامحلول در اسید سهولت در اندازه‌گیری، رویه آزمایشگاهی آسان و عدم زمان‌بر بودن رویه می‌باشد (Van Keulen and Young, 1977).

محاسبه قابلیت هضم به‌وسیله میزان ماده غیر قابل هضم (مارکر) در خوراک و مدفوع، اجازه جایگزینی جمع‌آوری دوره‌ای نمونه مدفوع به‌جای جمع‌آوری کل مدفوع را داد (Sales, 2012; Varga, 2006). در روش استفاده از مارکرها، نیازی به اندازه‌گیری مقادیر کمّی غذای مصرفی و ماده دفعی نیست (Olivan *et al*., 2007). لیگنین به‌عنوان یک مارکر داخلی به‌طور کامل بازیافت نشده و مشکل اندازه‌گیری دارد، ولی با همه این مسائل، به‌طور گسترده در گونه‌های مختلف علف‌خوار مورد استفاده قرار می‌گیرد (Nikkhah and Amanlou, 2012). لیگنین در مقابل اسیدها و تجزیه میکروبی بسیار مقاوم است (Dehghanian and Nasiri Moghadam, 2005). همچنین مقادیر زیادی ضایعات کشاورزی و محصولات فرعی صنایع کشاورزی سالانه در ایران تولید می‌شود (Mirzaei and Maheri, 2008). برآورد شده است که در مقیاس جهانی، مجموع تولید کاه و مواد وابسته به آن‌ها برای تأمین احتیاجات نگهداری کلیه نشخوارکنندگان دنیا کافی می‌باشد (Kazemi *et al*., 2008). کاه گندم و سبوس برنج یکی از ضایعات کشاورزی است که می‌توان در تغذیه دام‌ها از آن استفاده کرد. سبوس برنج محصول فرعی حاصل از صیقل‌دهی دانه برنج است که ضمن تولید برنج سفید به‌دست می‌آید. سبوس برنج به‌طور گسترده به‌عنوان منبع پروتئین و انرژی استفاده می‌شود. سبوس برنج محتوی ۱۵–۱۲ درصد پروتئین و دارای ساختار پودری می‌باشد (Kaewka *et al*., 2009). با توجه به مطالب فوق و اینکه شتر یکی از دام‌های اهلی ایران است که در زمینه تغذیه، تحقیقات چندانی روی آن صورت نگرفته است، هدف از این تحقیق، مقایسه اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی کاه گندم و کاه گندم به‌همراه پوسته برنج با استفاده از سه روش جمع‌آوری کل مدفوع، خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید (ADL[2]) در شتر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مرحله مزرعه‌ای تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسرار شهرستان سبزوار و مرحله آزمایشگاهی در آزمایشگاه تغذیه دام‌وطیور دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام گرفت. بدین‌منظور سالنی به ابعاد هشت در شش متر در نظر گرفته شد. در داخل سالن، چهار جایگاه به ابعاد ۱/۵ در دو متر طوری تعبیه شد که در انتهای هر دام هنگامی که در جایگاه قرار گرفت، شیار خروجی فاضلاب به‌عرض ۳۰ سانتی‌متر (توری فلزی روی آن) واقع شد. کف جایگاه موزائیک صاف بود و مدفوع به‌راحتی جمع‌آوری می‌شد. ادرار دام از شیار خروجی فاضلاب خارج می‌شد. در این پژوهش، از چهار نفر شتر نر با میانگین وزن ۹/۳۵±۱۱۶/۲۵ با سن حدود یک‌سال، به‌مدت یک هفته دوره نمونه‌گیری و دو هفته دوره عادت‌پذیری به‌جیره استفاده شد. شترها حداقل اختلاف وزنی و سنی را داشتند. قبل از شروع طرح، شترها شماره‌گذاری شده و به‌منظور مبارزه با انگل‌های دستگاه گوارش قرض آلبندازول (برای هر ۸۰ کیلوگرم وزن زنده یک ابلت) به هر شتر خورانده شد. شترها به‌منظور عادت‌پذیری با محیط سالن پنج روز در محیط سالن آزاد بودند. سپس، هر شتر در جایگاه انفرادی قرار گرفت. در این طرح از دو نوع ضایعات کشاورزی شامل کاه گندم و پوسته برنج استفاده گردید. بدین‌منظور، تیمار یک شامل کاه گندم به‌تنهایی و نیز تیمار دوم کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج کاملاً مخلوط شده و در اختیار شترها قرار داده شد. حدود ۰/۵ درصد مقدار وزن هر خوراک، روزانه نمک به‌هر خوراک اضافه شد. آب به‌طور آزاد در اختیار هر شتر قرار گرفت. خوراک‌دهی روزانه یک‌بار در ساعت هشت صبح انجام می‌گرفت (Baee *et al*., 2020).

تعیین قابلیت هضم مواد مغذی:

جهت تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی خوراک، نمونه برداری از مدفوع و خوراک در هفت روز انتهای آزمایش انجام گردید. نمونه مدفوع همه شترها ساعت هشت صبح و قبل از خوراک‌دهی کاملاً جمع‌آوری و توزین گردید. در آزمایشگاه، قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام (با روش کلدال)، چربی خام (AOAC., 1999)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از روش فیلتر بگ و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با استفاده از مارکر خاکستر نامحلول در اسید محاسبه شد (Komarek, 1994). همچنین به‌منظور اندازه‌گیری انرژی خام از دستگاه بمب کالریمتر استفاده شد.

1- Acid Insoluble Ash

2- Acid Detergent Lignin

اندازه‌گیری لیگنین نامحلول در اسید:

کیسه‌های حاصل از مرحله تعیین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را در اسید سولفوریک ۷۲ درصد (Ellis *et al.*, 1946) به‌مدت سه ساعت قرار داده و هر یک ساعت هم زده شد (Komarek, 1994). درصد لیگنین نامحلول در اسید از معادله زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد لیگنین نامحلول در اسید} = \frac{\text{وزن کیسه خالی} - \text{کیسه و نمونه بعد از آون}}{\text{وزن نمونه اولیه (g)}} \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری قابلیت هضم به‌روش جمع‌آوری کل مدفوع:

جهت تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی خوراک، نمونه برداری از مدفوع و خوراک در هفت روز انتهای آزمایش انجام گردید. نمونه مدفوع همه شترها ساعت هشت صبح و قبل از خوراک‌دهی کاملاً جمع‌آوری و توزین گردید. حدود یک کیلوگرم از نمونه‌های مدفوع جمع‌آوری شده در هر روز به آزمایشگاه منتقل و در نهایت، یک نمونه ۵۰۰ گرمی از هر شتر برای تعیین درصد ماده خشک و خاکستر استفاده شد (Arbabi *et al.*, 2016) و مابقی نمونه‌ها برای انجام سایر آزمایشات تا زمان آنالیز، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (De Fombelle *et al.*, 2003).

قابلیت هضم مواد مغذی با استفاده از معادله زیر محاسبه شد.

$$\text{قابلیت هضم} = \frac{\text{مقدار ماده مغذی دفعی} - \text{مقدار ماده مغذی مصرفی}}{\text{مقدار ماده مغذی مصرفی}}$$

اندازه‌گیری قابلیت هضم به‌روش مارکر (AIA):

پنج گرم از خاکستر نمونه خوراک یا مدفوع به فلاسک ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد و سپس ۱۰۰ میلی لیتر اسید کلریدریک دو نرمال به آن اضافه گردید و مخلوط به‌مدت ۳۰ دقیقه بر روی هیتر جوشانده شد. سپس، با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۱ و قیف، محلول صاف گردید. فلاسک ارلن با آب مقطر ۸۵ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد شستشو داده شد تا باقی‌مانده خاکستر موجود در فلاسک ارلن نیز کاملاً شسته شود. سپس کاغذهای حاوی خاکستر با پنس برداشته شد و به بوته چینی که قبلاً وزن شده بود، منتقل گردید و در کوره با حرارت ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ ساعت حرارت داده شد. بعد از زمان تعیین شده کوره خاموش شد و بعد نمونه‌ها در داخل دسیکاتور خنک شدند تا به دمای اتاق برسند. بوته چینی حاوی خاکستر با ترازوی دیجیتال وزن گردید و خاکستر نامحلول در اسید هر نمونه با معادله زیر تعیین گردید:

$$\%AIA = \frac{Wf - We}{Ws} \times 100$$

که در آن، %AIA: درصد خاکستر نامحلول در اسید هر نمونه، Wf: وزن بوته چینی با خاکستر، We: وزن بوته خالی و Ws: وزن ماده خشک نمونه هستند.

قابلیت هضم با استفاده از روش مارکر از فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{قابلیت هضم} = ۱۰۰ - \left(\frac{\text{درصد مغذی مواد در مدفوع}}{\text{درصد مواد مغذی در غذا}} \times \frac{\text{درصد مارکر در غذا}}{\text{درصد مارکر در مدفوع}}\right) \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری درصد بازیافت مارکر:

درصد بازیافت مارکر در مدفوع از معادله زیر محاسبه شد.

$$\text{بازیافت مارکر} = \frac{\text{گرم مارکر در مدفوع}}{\text{گرم مارکر در خوراک}} \times ۱۰۰$$

روش تجزیه‌وتحلیل آماری:

ضرایب قابلیت هضم به‌دست آمده از سه روش تعیین قابلیت هضم برای هر جیره، در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل، رویه GLM با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۳) انجام شد. داده‌ها به‌وسیله آزمون دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. معادله رگرسیون و ضریب همبستگی برای مقایسه قابلیت هضم به‌دست آمده با سه روش جمع‌آوری کل مدفوع، مارکر خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید استفاده شد.

$$Y_{ij} = \mu + T_j + e_{ij}$$

که در آن، e_{ij}: خطای آزمایشی، μ: میانگین جامعه و Y_{ij}: مشاهده i در j تیمار هستند.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی:

اطلاعات مربوط به ترکیبات شیمیایی ضایعات مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. پایین‌ترین درصد پروتئین خام مربوط به پوسته برنج و بالاترین درصد پروتئین خام مربوط به کاه گندم می‌باشد. بالاترین درصد خاکستر نامحلول در اسید مربوط به پوسته برنج و پایین‌ترین درصد خاکستر نامحلول در اسید مربوط به کاه گندم می‌باشد. بالاترین درصد لیگنین نامحلول در اسید مربوط به پوسته برنج و پایین‌ترین درصد لیگنین نامحلول در اسید مربوط به کاه گندم می‌باشد.

قابلیت هضم جیره کاه گندم:

قابلیت هضم ترکیبات شیمیایی جیره کاه گندم با استفاده از سه روش (جمع‌آوری کل مدفوع و مارکرهای داخلی) در جدول ۲ نشان داده شده است. قابلیت هضم ماده خشک با استفاده از روش جمع‌آوری کل مدفوع ۵۹/۹۵ درصد، با استفاده از مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید ۳۵/۴۴ درصد و با استفاده از مارکر داخلی

لیگنین نامحلول در اسید ۳۱/۸۳ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌داری بین قابلیت هضم ماده خشک در هر سه روش است. قابلیت هضم ماده آلی در روش جمع‌آوری کل مدفوع، مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید به‌ترتیب ۶۰/۱۸، ۳۸/۵ و ۳۳/۵۹ درصد می‌باشد.

جدول ۱– ترکیبات شیمیایی ضایعات مورد استفاده در آزمایش (درصد ماده خشک جیره)

Table 1- Chemical compositions of the wastes used in the experiment (% of diet dry matter)

ترکیب شیمیایی Chemical composition	کاه گندم Straw	پوسته برنج Rice hull	۷۵ درصد کاه گندم + ۲۵ درصد پوسته برنج Straw75% + rice hull25%
ماده خشک (درصد) Dry matter (٪)	96.25	93.86	95.46
ماده آلی (درصد) Organic matter (٪)	86.75	84.63	86.21
پروتئین خام Crude protein	5.12	3.75	4.77
انرژی خام Gross Energy	4003	3971	3995
خاکستر Ash	11.25	15.37	12.27
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	69.82	71.72	72.04
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	43.14	55.50	46.43
لیگنین نامحلول در اسید Acid Detergent Lignin	12.14	25.45	15.46
خاکستر نامحلول در اسید Acid insoluble ash	6.72	8.27	7.1

اختلاف معنی‌داری بین قابلیت هضم ماده آلی در هر سه روش وجود دارد. قابلیت هضم چربی خام بین روش جمع‌آوری کل مدفوع (۷۲/۴۷ درصد) و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (۵۴/۴۱ درصد) اختلاف معنی‌داری دارد. در صورتی که قابلیت هضم چربی خام بین روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (۵۴/۴۱ درصد) و مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید (۵۸/۳۸ درصد) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. قابلیت هضم پروتئین خام با استفاده از روش جمع‌آوری کل مدفوع (۵۱/۳ درصد) با دو روش دیگر اختلاف معنی-داری دارد. اگر چه بین روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (۱۹/۵۶ درصد) و مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید (۲۲/۰۷ درصد) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در هر سه روش اختلاف معنی‌داری دارد. قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بین روش جمع‌آوری کل مدفوع (۶۰/۶۵ درصد) و دو روش دیگر اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در صورتی که قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بین روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (۴۰/۵۶ درصد) و مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید (۳۹/۱۹ درصد) اختلاف معنی-داری وجود نداشت. دلیل اصلی اختلاف معنی‌دار در قابلیت هضم مواد مغذی بین دو روش جمع‌آوری کل مدفوع و روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید، احتمالاً مربوط به بازیافت ناقص خاکستر نامحلول در اسید در مدفوع، متفاوت بودن نژاد حیوان و اختلاف در قدرت هضم حیوانات مختلف (حتی اگر از یک گونه، جنس و یک سن باشد) می‌باشد. با توجه به اینکه قابلیت هضم لیگنین در کاه ۳۹/۳۶ درصد می‌باشد، لذا فاقد شرایطی می‌باشد که به‌عنوان مارکر داخلی معرفی شود. بنابراین، علت احتمالی اختلاف معنی‌دار قابلیت هضم مواد مغذی در روش مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید با دو روش دیگر را مربوط به قابلیت هضم قابل توجه لیگنین دانست. پایین بودن معنی‌دار قابلیت هضم ماده خشک در گوسفند به‌روش مارکر داخلی لیگنین نسبت به دو روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر خارجی اکسید کروم ناشی از بازیافت ناقص لیگنین در مدفوع می‌باشد (Elam *et al.*, 1962).

محققین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کاه گندم را با روش جمع‌آوری کل مدفوع به‌ترتیب ۴۴/۸۱ درصد، ۴۸/۰۲ درصد، صفر درصد، ۵۳/۳۵ درصد و ۵۰/۹۵ درصد گزارش کردند (Cianci *et al.*, 2004). با توجه به اینکه میزان پروتئین خام کاه

گندم در این آزمایش، دو برابر میزان پروتئین خام کاه گندم آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci *et al*., 2004) می‌باشد، چنانچه غذا از نظر مقدار پروتئین فقیر و یا پروتئین موجود در مقابل تجزیه مقاوم باشد، تراکم آمونیاک در شکمبه کم خواهد بود (تقریباً ۵۰ میلی‌گرم در لیتر). در این حالت رشد ریزجانداران شکمبه به‌کندی صورت گرفته و تجزیه کربوهیدرات‌ها به تأخیر می‌افتد (Sufi Siavash and Janmohammadi, 2004). لذا، دور از انتظار نیست که قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در این آزمایش بالاتر از آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci *et al*., 2004) باشد.

جدول ۲– قابلیت هضم مواد مغذی کاه گندم

Table 2- Nutrient digestibility of wheat straw diet

فراسنجه Parameter	روش Method: جمع‌آوری کل مدفوع Total fecal collection	خاکستر نامحلول در اسید Acid insoluble ash	لیگنین نامحلول در اسید Acid detergent lignin	خطای استاندارد میانگین SEM
ماده خشک Dry matter	59.95[a]	35.44[b]	31.83[c]	1.45
ماده آلی Organic matter	60.18[a]	38.50[b]	33.59[c]	1.79
عصاره اتری Ether extract	72.47[a]	54.41[b]	58.38[b]	2.65
پروتئین خام Crude protein	51.30[a]	19.56[b]	22.07[b]	3.21
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	60.65[a]	93.81[b]	34.75[c]	1.96
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	64.04[a]	40.56[b]	39.19[b]	1.93
انرژی خام Gross Energy	51.16[b]	67.43[a]	67.06[a]	1.94
لیگنین نامحلول در اسید Acid Detergent Lignin	39.36	----	----	----

* حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P<0.05$).

* Values with different letters in the same row are significantly different ($P<0.05$).

جدول ۳– بازیافت خاکستر نامحلول در اسید (AIA) در مدفوع (درصد)

Table 3- Recovery of acid-insoluble ash (AIA) in feces

فراسنجه Parameter	کاه گندم Wheat Straw	۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج 75% wheat straw with 25% Rice hull
بازیافت Recycling (percentage)	63.4±76.73	92.8±92.38

۱–میانگین ± انحراف معیار

[1-] Mean ± standard deviatio

یکی دیگر از دلایل اختلاف نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci *et al*., 2004)، عامل حیوانی می‌باشد. در تحقیق سیانسی و همکاران (Cianci *et al*., 2004) قدرت هضم حیوانات مختلف (حتی اگر از یک گونه، یک جنس و یک سن باشند) متفاوت است (Sufi Siavash and Janmohammadi, 2004). اندازه ذرات کاه گندم در آزمایش سیانسی و همکاران (Cianci *et al*., 2004) حدود هفت سانتی‌متر بود. در این آزمایش، اندازه ذرات حدود ۳-۲ سانتی‌متر می‌باشد. خرد کردن و پلت کردن منجر به کاهش هضم الیاف جیره می‌شود. اگر چه خرد کردن سطح تماس را برای حمله ریزجانداران افزایش، زمان ابقای ذرات را در دستگاه

گوارش کاهش و در کل، قابلیت هضم کل دستگاه گوارش را کـاهش می‌دهد (Varga, 2006). هر چند قابلیت هضـم الیـاف نـامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسـیدی بـا وجـود کوچـک بودن اندازه ذرات در این آزمایش بیشتر است، که مـی‌توانـد ناشـی از سایر عوامل مؤثر بر قابلیت هضم الیاف باشـد. فـاکتورهـای مـؤثر در هضم الیاف علوفه، شامل میـزان مصـرف مـاده خشـک، اثـر متقابـل کنسانتره و دیگر منابع الیافی جیره با منبع علوفه، عمـل‌آوری و انـدازه ذرات می‌باشد (Varga, 2006).

به‌طور کلی، بالاتر بودن ضرایب قابلیـت هضـم ایـن آزمـایش را نسـبت بـه آزمـایش سیانسـی و همکـاران (Cianci *et al*., 2004) می‌توان مربوط به پایین‌تر بـودن درصـد الیـاف نـامحلول در شـوینده خنثی (۶۹/۸۲ درصـد در برابـر ۸۲/۲۸ درصـد) و الیـاف نـامحلول در شوینده اسیدی (۴۳/۴۲ درصد در برابر ۵۷/۶۸ درصد) دانسـت. مقـدار الیاف پذیرفته شده توسط حیوان نه تنها در قابلیت هضم الیـاف خـام، بلکه در قابلیت هضم سایر گروه‌های مواد مغذی نیز مؤثر است. علـت اصلی این امر آن است که که مواد درون سلولی هنگامی قابل استفاده می‌باشد که جدار سلول (الیاف خام) تجزیه شده باشد (Dehghanian and Nasiri Moghadam, 2005). قابلیت هضم ماده خشک، مـاده آلی، پروتئین، چربی خام، الیاف نـامحلول در شـوینده خنثـی و الیـاف نامحلول در شوینده اسیدی کاه گنـدم را بـه‌ترتیـب ۴۸/۴ درصـد، ۵۵ درصد، ۴۲ درصد، ۴۶/۸ درصد، ۵۴/۲ درصـد و ۴۹/۲ درصـد گـزارش شد (Lopez *et al*., 1998). به‌طور کلی، می‌توان اختلاف نتایج لوپز و همکاران (Lopez *et al*., 1998) با نتایج این تحقیـق را ناشـی از محتوای بالای الیاف نامحلول در شوینده خنثی (۷۹/۹ درصـد)، الیـاف نامحلول در شوینده در اسیدی (۵۳/۲ درصد) و درصد پـروتئین پـایین (۲/۲ درصد) کاه گنـدم مـورد اسـتفاده در آزمـایش لـوپز و همکـاران (Lopez *et al*., 1998) نسبت کاه مـورد اسـتفاده در ایـن آزمـایش دانست. محققین گزارش کردند، تغییرات در قابلیت هضم ماده آلی بـا تغییرات در الیاف نامحلول در شـوینده خنثـی بهتـر توجیـه مـی‌شـود (Dulphy *et al*., 1998). مقدار منفی قابلیـت هضـم پـروتئین کـاه گندم ناشـی از مصـرف پـایین پـروتئین مـی‌باشـد (Lopez *et al*., 1998). طبق نتایج محققین، تغییرات در قابلیت هضم مـاده آلـی بـا تغییرات در الیاف نامحلول در شـوینده خنثـی (در لامـا) بهتـر توجیـه می‌شـود (Dulphy *et al*., 1998). اگـر علوفـه بـا کیفیـت بـالا در دسترس نباشد، شتر می‌تواند به‌طور مؤثری بـا افـزایش زمـان ابقـای الیاف در پیش‌معده به‌مدت بیش از ۷۲ ساعت، علوفه با کیفیت پـایین را استفاده کند. به عبارت دیگر، تغذیه علوفه با پروتئین پایین بـه‌طـور مؤثری باعث استفاده مجدد اوره بدن برای سـنتز پـروتئین میکروبـی می‌شود (Raziq *et al*., 2008).

قابلیت هضم جیره ۷۵ درصد کاه گندم به‌همـراه ۲۵ درصـد پوسته برنج:

قابلیت هضم ترکیبات شیمیایی ۷۵ درصد کاه گندم بـه‌همـراه ۲۵ درصد پوسته برنج با استفاده از سـه روش (جمـع‌آوری کـل مـدفوع و مارکرهـای داخلـی) در جـدول ۴ نشـان داده شـده اسـت. اخـتلاف معنی‌داری بین روش جمع‌آوری کل مدفوع و مـارکر داخلـی خاکسـتر نامحلول در اسید در قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربـی خـام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شـوینده خنثـی و الیـاف نـامحلول در شوینده اسیدی مشاهده نشد. بین دو روش جمـع‌آوری کـل مـدفوع و مارکر داخلـی خاکسـتر نـامحلول در اسید بـا مـارکر داخلی لیگنـین نامحلول در اسید در قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربـی خـام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شـوینده اسـیدی اختلاف معنی‌داری مشاهده شـد. عـدم اخـتلاف معنـی‌دار بـین روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلـی خاکسـتر نـامحلول در اسـید در قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نا-محلـول در شـوینده خنثـی و الیـاف نـامحلول در شـوینده اسـیدی را می‌توان به بازیافت ۹۲/۸±۹۲/۳۸ درصدی (جـدول ۳) مـارکر داخلـی خاکستر نامحلول در اسید در مدفوع اشاره نمود. بـه نظـر می‌رسـد، در آزمایشاتی که بازیافت مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید بـیش از ۹۰ درصد باشد، روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش جمع‌آوری کـل مـدفوع باشـد. محققـین پیشنهاد کردند که جیره حاوی کمتر از ۰/۷۵ درصد خاکستر نـامحلول در اسید ممکن است مقادیر قابلیت هضـم را تحـت تـأثیر قـرار دهـد (Thonney *et al*., 1985). همچنین دریافتنـد در همـه جیـره‌هـای آزمایشی به‌جز جیره‌هایی که به‌طور طبیعی محتوی مقدار خیلی پـایین خاکستر نامحلول در اسید هسـتند، تفـاوت معنـی‌داری بـین میـانگین قابلیت هضم با روش جمـع‌آوری کـل مـدفوع و روش مـارکر داخلـی خاکستر نامحلول در اسید وجود ندارد. جیره‌های حاوی دانه غلات بالا که به‌طور طبیعی محتوی مقدار پایین خاکستر نامحلول در اسید مـی-باشد، قابلیت هضم حاصل از دو روش را بـا اخـتلاف بیشـتری نشـان می‌دهند.

معادلات رگرسیونی و مربع ضـرایب همبسـتگی بـین روش‌هـای تعیین قابلیت هضم مواد مغذی با روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید در جدول ۵ ارائه شده است. معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نـامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش جمـع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید نشان مـی‌دهـد، که ضریب رگرسیون (شیب معادله) در این معادلات منفی مـی‌باشـد. همچنین معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم چربـی خـام، پـروتئین خام و انرژی خـام بـا روش جمـع‌آوری کـل مـدفوع و مـارکر داخلـی

خاکستر نامحلول در اسید نشان مـی‌دهـد، ضـریب رگرسـیون (شـیب معادله) در این معادلات منفی می‌باشد. یکی از بهترین روش‌ها بـرای تفسیر همبسـتگی (R) بررسـی مربـع ضـریب همبسـتگی مـی‌باشـد (Khaldari, 2011). مربع ضرایب همبستگی ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خـام، الیـاف نـامحلول در شـوینده خنثـی، الیـاف نامحلول در شوینده اسیدی و انـرژی خـام بـه‌ترتیب ۰/۳۰۷، ۰/۱۴۶، ۰/۰۷، ۰/۳۲۴، ۰/۱۴۳، ۰/۱۷۵ و ۰/۵۴۹ می‌باشد.

جدول ٤- قابلیت هضم ترکیبات شیمیایی جیره ۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج

Table 4- The digestibility of the chemical compounds of the ration is 75% wheat straw along with 25% rice hull

قابلیت هضم (درصد) Digestibility (%)	روش Method			خطای استاندارد میانگین SEM
	جمع‌آوری کل مدفوع Total fecal collection	خاکستر نامحلول در اسید Acid insoluble ash	لیگنین نامحلول در اسید Acid detergent lignin	
ماده خشک Dry matter	44.53ª	45.73ª	21.11ᵇ	1.46
ماده آلی Organic matter	47.26ª	48.25ª	25.98ᵇ	1.44
عصاره اتری Ether extract	58.80ª	58.46ª	42.99ᵇ	1.90
پروتئین خام Crude protein	47.05ª	44.10ª	23.85ᵇ	23.99
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	44.28ª	44.49ª	19.63ᵇ	1.46
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	44ª	40.20ª	18.67ᵇ	2.76
انرژی خام Gross Energy	39.51ᶜ	65.92ª	53.36ᵇ	2.60
لیگنین نامحلول در اسید Acid Detergent Lignin	31.36	----	----	----

*حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

* Values with different letters in the same row are significantly different (P<0.05).

به‌عنوان مثال، مربع ضریب همبستگی قابلیت هضم ماده خشـک با روش جمع‌آوری کل مدفوع و مـارکر داخلـی خاکسـتر نـامحلول در اسید بیان‌کننده این مطلب می‌باشد که ۳۰/۷ درصـد تنـوع در قابلیـت هضم ماده خشک با روش جمع‌آوری کل مدفوع می‌تواند توسط تنـوع در قابلیت هضم ماده خشک با روش مارکر داخلی خاکسـتر نـامحلول در اسید (و یا بر عکـس) توجیـه شـود. از آنجـایی کـه مربـع ضـریب همبستگی از لحاظ عددی با ضریب تبیین معادله رگرسیون برابر است و ضریب تبیین به‌عنوان معیار صحت مدل رگرسیون به‌کار برده مـی-شود و هر چه ضریب تبیین به یک نزدیک‌تر باشد، مـدل رگرسـیون خـوب و قابل‌قبـول اسـت (Iqbal Saeed *et al.*, 2007). بنـابر توضیحات فوق، تنها معادله رگرسیون انـرژی خـام بـا ضـریب تبیـین ۰/۵۴۹ را می‌توان معادله خوب و قابل قبول دانسـت. البتـه معـادلات رگرسیون ماده خشک و پروتئین خام با ضرایب تبیین به‌ترتیب ۰/۳۰۷ و ۰/۳۲۴ نسبت به سایر معادلات رگرسیون مواد مغذی دارای ضرایب تبیین قابل توجه می‌باشند. محققین مربع ضـریب همبسـتگی بـالایی بین دو روش مارکر داخلـی خاکسـتر نـامحلول در اسـید و جمـع‌آوری مدفوع کل در آزمایش قابلیت هضم پروتئین خام (R^2=۰/۸۹) گزارش کردند (Ghoorchi and Arbabi, 2012). ضـریب همبسـتگی بـین روش AIA و جمع‌آوری کل برای ماده خشک ۰/۸۵، ماده آلی ۰/۸۳، انرژی ۰/۸۱، فیبرخام ۰/۸۹، پروتئین خام ۰/۸۴، دیـواره سـلولی فاقـد همی سلولز ۰/۸۴، دیواره سلولی ۰/۸۵، عصاره اتـری ۰/۹۸ و عصـاره فاقد ازت ۰/۹۸ به‌دست آمد (Miraglia *et al.*, 1992) و این نشـان دهنده همبستگی بالا بین روش AIA و جمع‌آوری کل می‌باشد. بـالا بودن همبستگی بـین نتـایج حاصـل از دو روش از اهمیـت خاصـی برخوردار است، زیرا ضریب همبستگی بالا بین دو روش حاکی از دقت و اعتبار کافی ضرایب هضمی محاسبه شده با این روش‌ها مـی‌باشـد. پژوهشگران نیز همبستگی بالایی را پیدا کردنـد (Cuddeford and Hughes, 1990; Orton *et al.*, 1985). در تحقیـق حاضـر، مربـع ضریب همبستگی بین دو روش مـارکر داخلـی خاکسـتر نـامحلول در اسید و جمع‌آوری مدفوع کل در آزمایش قابلیت هضـم پـروتئین خـام (R^2=۰/۳۲۴) گزارش شـد. در مقایسـه قابلیـت هضـم مـاده خشـک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی سیلاژ بوته گندم بـین

دو روش جمع‌آوری کل مدفوع و مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید، مربع ضرایب همبستگی به‌ترتیب ۰/۴۹، ۰/۲ و ۰/۴۴ گزارش شد (McGeough *et al.*, 2010).

جدول ۵- روابط رگرسیونی بین مقادیر قابلیت هضم با روش جمع‌آوری کل مدفوع و خاکستر نامحلول در اسید

Table 5- Regression relationships between digestibility values by collecting total feces and acid-insoluble ash

مواد مغذی Nutrients	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب همبستگی Square correlation coefficient (R^2)
ماده خشک Dry matter	*[1]$y=77.58-0.6x$	0.307
ماده آلی Organic matter	$y=74.78-0.467x$	0.146
عصاره اتری Ether extract	$y=40.19+0.411x$	0.07
پروتئین خام Crude protein	$y=46.17+0.16x$	0.324
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	$y=72.32-0.44x$	0.143
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	$y=74.26-0.385x$	0.175
انرژی خام Gross Energy	$y=-23.47+1.02x$	0.549

۱.y= قابلیت هضم با روش TFC　　*.x= قابلیت هضم با روش AIA

[1]y= Digestibility by total fecal collection　　*.x- Digestibility by acid-insoluble ash method

معادلات رگرسیونی و مربع ضرایب همبستگی بین روش‌های تعیین قابلیت هضم مواد مغذی با روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید در جدول ۶ ارائه شده است. ضریب رگرسیون (شیب معادله) در معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید منفی می‌باشد و بیانگر یک رابطه عکس بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با دو روش فوق است. ضریب رگرسیون (شیب معادله) در معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم چربی خام، پروتئین خام و انرژی خام با روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید، مثبت می‌باشد.

جدول ٦- روابط رگرسیونی بین مقادیر قابلیت هضم با روش خاکستر نامحلول در اسید و لیگنین نامحلول در اسید

Table 6- Regression relationships between digestibility values by acid insoluble ash method and acid insoluble lignin

مواد مغذی Nutrients	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب همبستگی Square correlation coefficient (R^2)
ماده خشک Dry matter	*[1]$y=55.42-0.562x$	0.26
ماده آلی Organic matter	$y=54.67-0.377x$	0.105
عصاره اتری Ether extract	$y=43.65+0.279x$	0.247
پروتئین خام Crude protein	$y=13.61+0.8x$	0.444
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	$y=54.16-0.421x$	0.267
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	$y=53.9-0.369x$	0.138
انرژی خام Gross Energy	$y=-46.05+0.362x$	0.27

۱.y= قابلیت هضم با روش AIA　　*.x= قابلیت هضم با روش ADL

[1]y=Digestibility by acid-insoluble ash method　　*.x-Digestibility by acid-insoluble lignin method

معادلات رگرسیونی و مربع ضرایب همبستگی بین روش‌های تعیین قابلیت هضم مواد مغذی با روش جمع‌آوری کل مدفوع و لیگنین نامحلول در اسید در جدول ۷ ارائه شده است. ضریب رگرسیون (شیب معادله) در معادلات رگرسیونی بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش جمع‌آوری کل مدفوع و لیگنین نامحلول در اسید مثبت می‌باشد و بیانگر یک رابطه مستقیم بین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با دو روش فوق است. ضرایب تبیین به‌ترتیب ۰/۷۷۱ و ۰/۶۴۳ برای معادله رگرسیون انرژی خام، چربی خام نشان از صحت خوب این دو معادله می‌دهد. معادله رگرسیون ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌ترتیب ۰/۲۹۲، ۰/۲۲۷، ۰/۳۴۴ و ۰/۲۴۴ می‌باشد. طبق گزارش محققین، مربع ضریب همبستگی بالایی بین روش لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در آزمایش قابلیت هضم دیواره سلولی (R^2=۰/۹۹) اعلام شد (Ghoorchi and Arbabi, 2012). مربع ضریب همبستگی بین روش لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در آزمایش قابلیت هضم دیواره سلولی در تحقیق حاضر (R^2=۰/۳۴۴) گزارش شد. محققین، همبستگی پایینی بین روش لیگنین نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع در ماده خشک، ماده آلی، انرژی، الیاف خام، پروتئین خام، دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز، دیواره سلولی، عصاره اتری و عصاره فاقد ازت به‌دست آورده و علت پایین بودن را عدم بازیافت مناسب لیگنین از مدفوع ذکر کردند (Miraglia *et al*., 1992).

جدول ۷- روابط رگرسیونی بین مقادیر قابلیت هضم با روش جمع‌آوری کل مدفوع و لیگنین نامحلول در اسید

Table 7- Regression relationships between digestibility values by total feces collection method and acid-insoluble lignin

مواد مغذی Nutrients	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب همبستگی Square correlation coefficient (R^2)
ماده خشک Dry matter	*[1] $y=35.86+0.65x$	0.292
ماده آلی Organic matter	$y=43+0.405x$	0.141
عصاره اتری Ether extract	$y=33.29+0.731x$	0.643
پروتئین خام Crude protein	$y=42.373+0.251x$	0.227
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	$y=38.58+0.59x$	0.344
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	$y=42.96+0.466x$	0.244
انرژی خام Gross Energy	$y=-4.77+0.844x$	0.771

۱.y= قابلیت هضم با روش AIA   *.x= قابلیت هضم با روش ADL

1y= digestibility values by total feces collection method   *.x-Digestibility with acid-insoluble lignin

نتیجه‌گیری کلی

در جیره کاه گندم ضرایب قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بین دو روش مارکر خاکستر نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). در جیره ۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج ضرایب قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بین دو روش مارکر خاکستر نامحلول در اسید و جمع‌آوری کل مدفوع اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P< ۰/۰۵). درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید در این جیره (۷۵ درصد کاه گندم به‌همراه ۲۵ درصد پوسته برنج) ۹۲/۹۲±۸/۳۸ می‌باشد. به‌طور کلی، چنانچه درصد بازیافت مارکر خاکستر نامحلول در اسید بیش از ۹۰ درصد باشد، مقدار قابلیت هضم خاکستر نامحلول در اسید با مقدار قابلیت هضم جمع‌آوری کل مدفوع نزدیک می‌باشد. لذا، با توجه به هزینه و امکانات زیاد به‌خصوص در دام‌های بزرگ در تعیین قابلیت هضم با روش جمع‌آوری کل مدفوع، می‌توان از روش خاکستر نامحلول در اسید برای تعیین قابلیت هضم در شتر استفاده کرد. همچنین، در مورد

مارکر داخلی لیگنین نامحلول در اسید با قابلیت هضم قابـل توجـه در جیره‌های آزمایشی به‌دلیل نداشتن یکی از شرایط مارکر بـودن (قابـل هضم، جذب و متابولیسم نباشد) نمی‌تـوان از نتـایج آن بـرای تعیـین قابلیت هضم در شتر استفاده نمود.

References

1. Ajmal khan, M., Un-nisa, M., & Sarwar, M. (2003). Techniques measuring digestibility for the nutritional evaluation of feeds. *International Journal of Agriculture and Biology*, *5*(1),91-94.
2. Association of Official Analytical. (1999). Official Methods of Analysis. AOAC. Washington, D. C.
3. Arbabi, S., Ghoorchi, T., & Parvar, R. (2016). A comparison of apparent digestibility of nutrient in Caspian Horse feeds as determined by total collection of Faeces, acid insoluble ash and lignin methods. *Animal Science Applied of Iranian Journal*, *6*(2),461-*466*. https:// doi.org/ 10.22034/AEJ.2020.122777.
4. Baee, H., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. H. (2020). Effect of different levels of date palm wastes on performance, nutrient digestibility, blood parameters and rumen fiberlytic enzymes activity in fattening camels. *Scientific Research Journal of Animal Environment*, *12*(4),65-73. https:// doi.org/ 10.22034/AEJ.2020.122777.
5. Bergero, D., Miraglia, N., Abba, C., & Polidori, M. (2004). Apparent digestibility of Mediterranean forages determined by total collection of faeces and acid-insoluble ash as internal marker. *Livestock Production Science*, *85*,235–238. https:// doi.org/ 10.1016/S0301-6226(03)00137-4.
6. Cianci, D., Goio, L., Hashi, A. M., Pastorelli, S., Kamoun, M., Liponiand, G. B., & Orlandi, M. (2004). Feed intake and digestibility in camels fed wheat straw and meadow hay. *Journal Camel Science*, *1*,52-56.
7. Cuddeford, D., &Hughes D. (1990). A comparison between chromium-mordanted hay and acid-insoluble ash to determine apparent digestibility of a chaffed, molassed hay/ straw mixture. *Journal of Equine Veterinary Science*, *22*,122–125. https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1990.tb04223.x.
8. De Fombelle, A., Varloud, M., Goachet, A., Jacotot, E., Philippeau, C., Drogoul, C., & Julliand, V. (2003). Characterisation of the microbial and biochemical profile of the different segments of the digestive tract in horses fed two distinct diets. *Journal of Animal Science*, *77*,487-490. https://doi: 10.1017/S1357729800059038.
9. Dehghanian, S., & Nasiri Moghadam, H. (2005). Animal nutrition, Kirsh Gesner, M., (Author). Publications of Ferdowsi University of Mashhad, Iran. 644 p.
10. Dulphy, J. P., Dardillat, C., Jailler, M., & Jouany, J. P. (1998). Intake and digestibility of different forages in llamas compared to sheep. *Ann Zootech*, *47*,75-81. https://doi.org/10.1051/animres:19940407
11. Elam, C. J., Reynolds, P. J., Davis, R. E., & Everson, D. O. (1962). Digestibility studies by means of chromic oxide, lignin and total collection techniques with sheep. *Journal of Animal Science*, *21*, 189-192. https://doi.org/10.2527/jas1962.212189x
12. Ellis, G. J., Matrone, G., & Maynard, L. A. (1946). A 72 percent H_2SO_4 method for the determination of lignin and its use in animal nutrition studies. *Journal of Animal Science*, *5*, 285. https://doi.org/ 10.2527/jas1946.53285x
13. Ghoorchi, T., & Arbabi, S. (2012). Comparison of the apparent digestibility of feed nutrients using methods of collecting whole feces, internal reagent of acid-insoluble ash and lignin in the Caspian horse. Final report of the research project of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 39 p.
14. Iqbal Saeed, S., Ghorbani, A., & Mehman Nawaz, Y. (2007). The application of biological statistics in animal science, Kaps, M., Lamberson, V., (Authors). Umidi Publications. 520 p.
15. Kaewka, K., Therakulkait, C., & Cadwallader, K. R. (2009). Effect of preparation conditions on composition and sensory aroma characteristics of acid hydrolyzed rice bran protein concentrate. *Journal of Cereal Science*, *50*,56–60. https://doi.org/ 10.1016/j.jcs.2009.02.006.
16. Kazemi, M., Tahmasabi, A., Valizadeh, R., Danesh Masgaran, M., &Naserian, A. (2008). Comparison of nutritional value of wheat straw and barley by gas production method and in situ. The First National Conference of Livestock and Poultry Industry in Golestan Province, Iran.
17. Khaldari, M. (2011). Statistical methods. Jihad University Press, Tehran. 860 p.
18. Komarek, A. R. (1994). Fiber analysis system. United states patent. *Patent number: 5*,370,007.
19. Lopez, A., Maizteguib, J., & Cabrera, R. (1998). Voluntary intake and digestibility of forages with different nutritional quality in alpacas (*Lama pacos*). *Journal of Small Rumination. Research*, *29*,295–301. https://doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00135-1.
20. Marais, J. P. (2000). Farm Animal Metabolism and Nutrition. *CAB International*, 255-277.
21. McGeough, E. J., O'Kiely, P., & Kenny, D. A. (2010). A note on the evaluation of the acid-insoluble ash technique as a method for determining apparent diet digestibility in beef cattle. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 49,159–164.
22. Miraglia, N., Poncet, C., & Martin-Rosset, W. (1992). Effect of feeding level, physiological state and breed on the rate of passage of particulate matter through the gastrointestinal tract of the horse. Animal Research, *41*,69. https://doi.org/10.1051/animres:19920134.
23. Mirzaei, A., & Maheri, N. (2008). Nutritive value of some agro-industrial by-products for ruminants - A review.

World Journal of Zoology, *3*(2),40-46.

24. Nikkhah, A., & Amanlou, H. (2012). In the translation of principles of animal nutrition and feeding, Church, D. C., and Pond, V. J. Academic Jihad Publications, Zanjan, Iran. 728 p.
25. Olivan, M., Ferreira, L. M. M., Celaya, R., & Osoro, K. (2007). Accuracy of the N-alkane technique for intake estimates in beef cattle using different sampling procedures. *Journal Livestock Science*, *106*,28-40. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.06.015.
26. Orton, R. K., Hume, I. D., Leng, R. A. (1985). Effects of exercise and level of dietary protein on digestive function in horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, *17*,386–390. https://doi.org/ 10.1111/j.2042-3306.1985.tb02530.x.
27. Raziq, A., Younas M., & Kakar M. A. (2008). Camel a potential dairy animal in difficult enviroments. *Pakistan Veterinary Journal*, *45*(2),263-267.
28. Sales, J. (2012). A review on the use of indigestible dietary markers to determine total tract apparent digestibility or nutrient in horses. *Animal Feed Science and Technology*, *174*,119-130. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.03.005.
29. SAS. (2003). Qualification tools user's guide. SAS 9.1. Cary (NC): SAS Institute.
30. Sufi Siavash, R., & Janmohammadi H. (2004). Animal nutrition, MacDonald, P., Edwards, R. A., Greenhall, J. F. D., Morgan, S. A., (Author). Amidi Publications, Iran. 840 p.
31. Thonney, M. L., Palhof, B. A., Decarlo, M. R., Ross, D. A., Firth, N. L., Ouaas, R. L., Perosio, D. J., Duhaime, D. J., Rollins, S. R., & Nour, A. Y. M. (1985). Sources of variation of dry matter digestibility measured by the Acid Insoluble Ash Marker. *Journal of Dairy Science*, *68*,661-668.
32. Van Keulen, J., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, *44*(2),282-287.
33. Varga, G. A. (2006). *In vivo* digestibility of forages. Tri-State Dairy Nutrition Conference. April 25 and 26, 95-106.